

Petr WALDSTEIN¹, Jiří TESLÍK², Jiří LABUDEK³

**TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ
OBVODOVÝCH PLÁŠŤŮ Z EKOPANELŮ
THERMAL TECHNICAL ASSESSMENT OF SELECTED
OF CLADDING FROM ECOPANELS**

Abstrakt

Článek je zaměřen na tepelně technické posouzení konstrukčních detailů skladeb obvodových konstrukcí z Ekopanelů, tj. panelů z lisované slámy, z hlediska zkondenzované vodní páry. Podmínkou dlouhodobé životnosti a bezporuchovosti staveb ze slámy je zajištění nízké vlhkosti slaměných konstrukcí [6]. Návrhem stavby a pečlivým tepelně technickým posouzením skladeb všech obvodových konstrukcí je nutno vyloučit nebezpečí nadměrné kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce. Špatně navržená skladba může zapříčinit kondenzaci vlhkosti uvnitř konstrukce. V důsledku působení nadměrné vlhkosti pak obvykle velmi rychle dochází k hnilobě a degradaci slaměných prvků.

Klíčová slova

Ekopanel, lisovaná sláma, kondenzace, vlhkost.

Abstract

This paper is target on the technical assessment of the thermal structural details of the tracks from ecopanel shell structures, panels of pressed straw. Maintaining low moisture levels is critical to the long-term resistance of straw to biological decomposition [6]. Building design and careful technical assessment of thermal songs of all perimeter structures it is necessary to eliminate the risk of condensation of water vapor inside the structure. Poorly designed structure can cause excessive condensation and usually very quickly leads to rot and degradation of straw elements.

Keywords

Ecopanel, pressed straw, condensation, moistness.

1 ÚVOD

Ekopanely jsou univerzální a moderní plošné konstrukční prvky z lisované slámy. Ekopanel je vyroben z přírodních a recyklovatelných materiálů, proto je klasifikován jako ekologický výrobek. Ekopanel je vyroben z balíků obilné slámy, které jsou opět rozdruženy do volné slámy. Ta je poté bez pojiva lisována na výstředníkovém lisu do výsledného profilu jádra. Následně se jádro panelu polepuje recyklovanou lepenkou. Ve stavebnictví je možno Ekopanely využít pro konstrukce vnějších i vnitřních nosných stěn, podlah, podhledů, střech a příček.

¹ Ing. Petr Waldstein, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 926, e-mail: petr.waldstein@vsb.cz.

² Ing. Jiří Teslík, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 917, e-mail: jiri.teslik@vsb.cz.

³ Ing. Jiří Labudek, Katedra prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-poruba, tel.: (+420) 597 321 345, e-mail: jiri.labudek@vsb.cz.

Fyzikální veličinou, která zásadně ovlivňuje možnost kondenzace vodních par v obvodových konstrukcích je faktor difuzního odporu μ a ekvivalentní difuzní tloušťka S_d . Ekopanel má tyto hodnoty relativně vysoké, viz Tab. 1, oproti obvykle používaným přírodním tepelným izolacím. U obvodových plášťů obecně platí podmínka, že difuzní odpor konstrukce by se měl od interiéru k exteriéru zmenšovat [7]. V typické skladbě obvodové stěny Obr. 1 není tato podmínka splněna, viz Obr. 2.

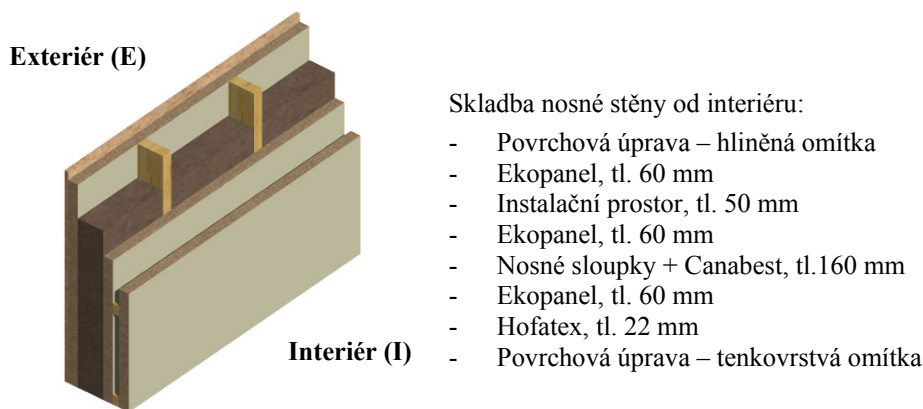
Tab. 1: Vybrané mechanicko-fyzikální vlastnosti Ekopanelu, dle údajů výrobce⁴

Veličina	Hodnota
Rozměry ekopanelu (š, tl, d) [mm]	1200(800) x 58 x 1200-3200
Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	379
Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]	0,102
Tepelná kapacita C [J/(kg.K)]	2400
Faktor difuzního odporu μ [-]	13,1
Ekvivalentní difuzní tloušťka S_d [m]	0,781
Požární odolnost	kategorie E

2 TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ SKLADBY OBVODOVÉ STĚNY

2.1 Konstrukční řešení obvodové stěny

Veřejně se uvádí několik typických detailů skladeb obvodové nosné stěny. Jedná se například o konstrukční systém skeletové dřevostavby. Nosnou konstrukci obvodových stěn tvoří dřevěný fošnový sloupek. Opláštění rámu Ekopanely je navrženo ze strany interiéru i exteriéru. Tepelná izolace mezi sloupky rámu je doporučena vláknitá z konopného pazdeří CANABEST. Z vnější strany je skladba doplněna o desku HOFATEX⁵ tl. 22 mm. Skladba je dokumentována na Obr. 1.



Obr. 1: Schéma typické skladby nosné obvodové stěny

⁴ Dle údajů výrobce <http://www.ekopanely.cz/certifikaty.html>

⁵ Dřevovláknitá deska, výrobce Smrečina Hofatex, a.s., www.hofatex.eu

2.2 Tepelně technické posouzení typické skladby obvodové stěny

Při tepelně technickém posouzení vybrané skladby obvodové nosné stěny znázorněné na Obr. 1 bylo ověřeno, zda navržená skladba vyhovuje požadavkům normy ČSN 73 0540-2. Zejména pak, zdali vyhoví požadavku na kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce. Množství zkondenzované vodní páry musí splňovat tyto podmínky:

$$M_c < M_{cv} \quad (1)$$

kde:

M_c [kg/(m².rok)] - množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce,

M_{cv} [kg/(m².rok)] - množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce.

Množství kondenzátu je dáno:

$$M_c < M_{c,N} \quad (2)$$

kde:

$M_{c,N} = 0,10$ kg/(m².rok) nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m³ pro materiál s objemovou hmotností $\rho \leq 100$ kg/m³ se použije 6 % jeho plošné hmotnosti,

$M_c \leq M_{c,N} = 0,50$ kg/(m².rok) nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m³, pro materiál s objemovou hmotností $\rho \leq 100$ kg/m³ se použije 10 % jeho plošné hmotnosti,

V konstrukcích, u kterých by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce mohla ohrozit její požadovanou funkci je kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce nepřipustná. Tedy:

$$M_c = 0 \quad (3)$$

Posouzení skladby obvodové nosné stěny bylo provedeno v programu TEPLLO 2010 [1]. Okrajové podmínky výpočtu byly zvoleny standardní dle ČSN 73 0540 – 2 [1] pro obytné místnosti. Relativní vlhkost v interiéru $\varphi_i = 55$ %, teplota v interiéru $\theta_i = 21$ °C. Návrhová venkovní teplota $\theta_e = -15$ °C.

2.3 Zhodnocení tepelně technického posouzení

Tepelně technické posouzení skladby obvodové stěny je znázorněno na Obr. 2. Je zřejmé, že posouzení teplotního faktoru f_{RSi} a součinitele prostupu tepla U dle předpokladu vyhovělo normovým požadavkům dle ČSN 73 0540-2. Nevyhovělo však posouzení šíření vlhkosti konstrukcí. V obvodové stěně dochází během modelového roku v tepelné izolaci Canabest ke kondenzaci vodních par. Roční množství zkondenzované vodní páry je $M_{c,a} = 0,1425$ kg/(m².rok). Toto množství je menší než množství odpařitelné vodní páry, je tedy splněna podmínka (1). Není však splněna podmínka (2), kde je limit kondenzátu 0,1 kg/(m².rok). Splnění podmínky (3), že nesmí docházet ke kondenzaci, pokud by funkce konstrukce mohla být vodní párou ohrožena, je nechána na úsudku projektanta. Ekopanel není z výroby chráněn proti vlhkosti žádnou impregnační vrstvou, proto zvýšená vlhkost může způsobit jeho postupnou degradaci. Vlhkost slaměných konstrukcí by se v průběhu jejich životnosti neměla pohybovat nad 15 % [4]. Bylo prokázáno, že zkondenzovaná vodní pára ve slámě může přes difúzně otevřený vnější plášť rychle vysychat [6]. Výzkum byl však prováděn na stěně ze slaměných balíků s hliněnými omítkami. Měření vlhkosti skladby obvodové stěny s obkladem Ekopanely nebylo zatím provedeno. Proto nelze přesně říci, jak velké množství kondenzátu je v typické skladbě obvodové stěny ještě přípustné. Lze ale konstatovat, že množství $M_{c,a} = 0,2666$ kg/(m².rok) je příliš vysoké a skladbu je nutno upravit. Příčinou vzniku nadměrného množství kondenzátu je vnější obklad stěny Ekopanelem. Ten difúzně uzavře vodní páru, která následně zkondenzuje v tepelné izolaci Canabest, viz Obr. 3, Obr. 4.

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Název konstrukce:

Obvodová stěna – typická skladba

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i :	20,0 °C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} :	-15,0 °C
Teplota na vnější straně T_e :	-15,0 °C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} :	21,0 °C
Relativní vlhkost v interiéru RH _i :	50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Ekopanel	0,058	0,102	13,1
2	Uzavřená vzduch. dutina tl. 50	0,050	0,294	0,2
3	Ekopanel	0,058	0,102	13,1
4	Canabest	0,160	0,050	1,9
5	Ekopanel	0,058	0,102	13,1
6	Dřevotřískotvé desky lisované 1	0,022	0,075	5,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi}, N = f_{Rsi}, cr + \Delta T_F =$	0,793+0,030 = 0,823
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi}, m =$	0,956

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U, N =$	0,30 W/m ² K
Vypočtená hodnota: $U =$	0,18 W/m ² K
$U < U, N$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.	

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: 0,226 kg/m².rok (materiál: Canabest).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: 0,100 kg/m².rok

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a} = 0,1425$ kg/m².rok

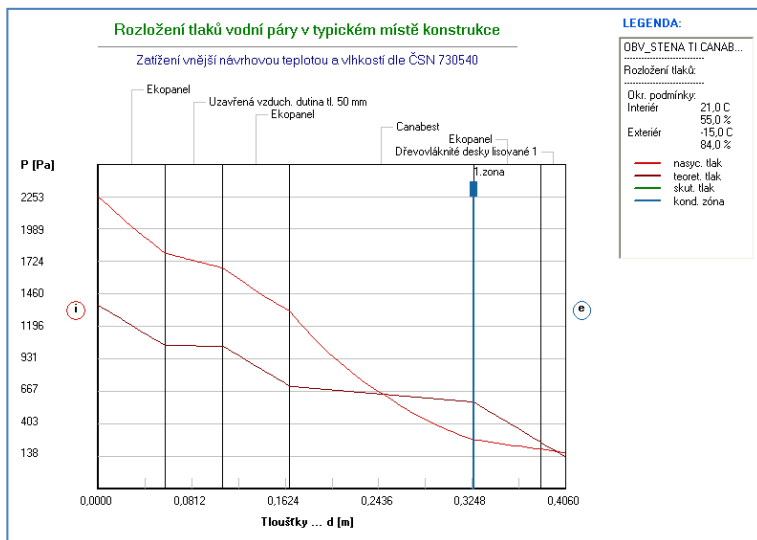
Roční množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a} = 3,2978$ kg/m².rok

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.

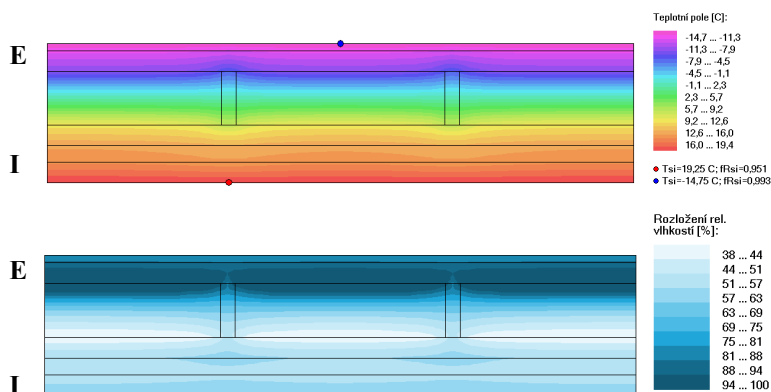
$M_{c,a} < M_{ev,a}$... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

$M_{c,a} > M_{ev,a}$... 3. POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.

Obr. 2: Tepelně technické posouzení typické skladby, výstup z programu TEPLA 2010 [1]



Obr. 3: Rozložení partiálních tlaků ve skladbě obvodové stěny, výstup z programu TEPLA 2010 [1]



Obr. 4: Dvourozměrné pole rozložení teplot a relativní vlhkosti v typickém detailu nosné stěny, viz Obr. 1. Výstup z programu AREA 2010 [1]

3. TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ UPRAVENÝCH SKLADEB

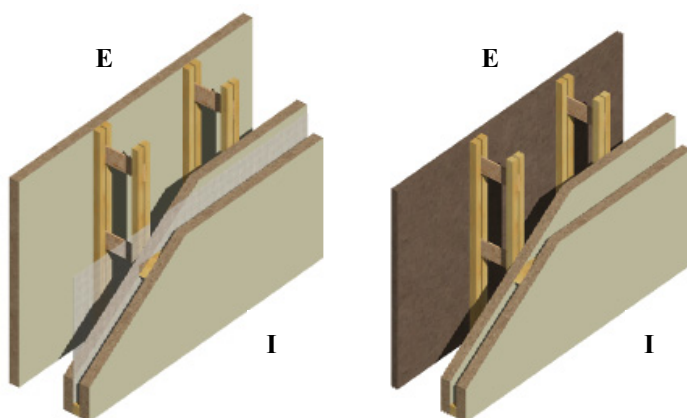
Tato část příspěvku se zaměřuje na hledání optimálních materiálových variant skladby obvodové nosné stěny, tak aby skladba vyhověla všem tepelně technickým požadavkům. Velký důraz je kladen na zachování celkové koncepce staveb z Ekopanelů, tedy na snahu co nejvíce využívat přírodní a ekologické materiály. Z tepelně technického posouzení typické skladby obvodové stěny, viz Obr. 2 jsou zřejmé tři způsoby, jak lze skladbu upravit, aby vyhověla požadavkům na kondenzaci vodní páry. První možností je zvýšit difúzní odpor interiérové strany stěny, například vložením parobrzdy. Použít lze také recyklované TetraPackové materiály - Flexibuild. Druhou možností je vyrovnaní difúzního odporu v celém profilu stěny. Toho lze docílit použitím tepelné izolace s podobným difúzním odporem, jaký má Ekopanel. Na trhu však v současné době není příliš přírodních tepelných izolantů, které by tuto podmínku splnily. Tepelný izolant s vysokým difúzním odporem je např. EPS polystyren. Desky z EPS však nejsou vhodné pro použití jako výplňová tepelná izolace v dřevěných rámových konstrukcích. Třetí možností je snížení difúzního odporu exteriérové strany stěny. Toho však lze docílit pouze změnou konstrukčního uspořádání jednotlivých vrstev nebo změnou materiálu vnější vrstvy opláštění (Ekopanelu). Upravené skladby by měly eliminovat i další nevýhodu typické skladby obvodové stěny. Tou je malá tloušťka tepelné izolace, kterou je do skladby možno vložit. Tepelná izolace se vkládá mezi sloupky nosného dřevěného skeletu a její tloušťka je tedy dána šířkou nosného sloupku. Obvykle se sloupky navrhují v šířce 160 – 180 mm. Součinitel prostupu tepla U takto zateplené skladby stěny sice plní požadavky normy ČSN 73 0540-2, nicméně například pro výstavbu pasivních domů je hodnota U příliš vysoká. Vhodným řešením pro dosažení nízké hodnoty součinitele prostupu tepla a zároveň difúzně otevřeného obvodového pláště je využití nosné konstrukce z dřevěných I nosníků (STEICO či víceúčelový nosný prvek pro stavby s foukanou izolací [5]). Tepelnou izolaci z konopného pazdří lze nahradit foukanou celulózou v tloušťce min. 250 mm. K zateplení stěn lze využít i malé slaměné balíky vložené mezi svislé nosné prvky. Slaměné balíky jsou levné a mají dobré tepelně izolační vlastnosti [8]. Pro posouzení skladeb s výplňovými izolacemi byl použit nově vyvíjený nosný prvek [5]. Jeho výhodou je snížení objemu použitého stavebního řeziva, minimalizace tepelných mostů v obálce budovy a výrazné zefektivnění aplikace foukaných tepelných izolací. Z vnější strany bude opláštění stěny zajištěno difúzně propustnou dřevovláknitou deskou či Ekopanelem doplněným parozábranou na interiérové straně. V Tab. 2 jsou posouzeny jednotlivé upravené varianty skladby obvodové stěny. Tepelně technické posouzení bylo provedeno v programu TEPLA 2010 [1]. Hlavním kritériem posouzení bylo množství zkondenzované vodní páry. V tabulce je vypsáno i zhodnocení vhodnosti variant z technologického hlediska a výhodnosti použití v praxi.

Tab. 2: Posouzení kondenzace vodní páry upravených skladeb obvodové stěny

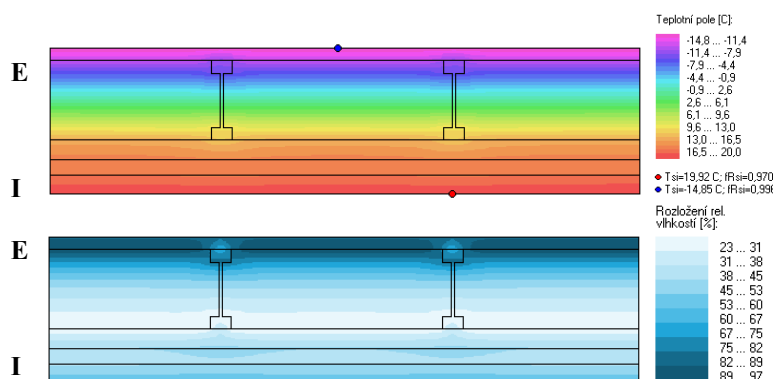
Úprava ve skladbě a technické zhodnocení vhodnost úpravy	$M_c < M_{c,N}$ [kg/(m ² .rok)]	Upravené skladby obvodové stěny		
Vzduchtěsná vrstva v interiéru tvořena OSB deskou tl. 24 mm. Pro zajištění vzduchtěsnosti musí být provedeno bezporuchové těsnění spojů OSB desek a všech prostupů stěnou.	$M_c = 0,0559$ $M_{c,N} = 0,100$ vyhovuje	Název vrstvy	d [m]	μ [-]
		Ekopanel	0,058	13,1
		Uzavřená vzduch. dutina	0,050	0,2
		OSB desky	0,024	50,0
		Canabest	0,160	1,9
		Ekopanel	0,058	13,1
		Dřevovláknité desky	0,022	5,0
Tepelná izolace CANABEST nahrazena polystyrenem EPS 100S. Ten je výhodný z hlediska vysokého difuzního odporu, nicméně z ekologického i technického hlediska není do podobné konstrukce vhodný.	$M_c = 0,024$ $M_{c,N} = 0,100$ vyhovuje	Název vrstvy	d [m]	μ [-]
		Ekopanel	0,058	13,1
		Uzavřená vzduch. dutina	0,050	0,2
		Ekopanel	0,058	13,1
		Rigips EPS 100 S	0,160	30,0
		Ekopanel	0,058	13,1
		Dřevovláknité desky	0,022	5,0
Vložena parozábrana do vnitřního pláště stěny. Funkční a obvyklé řešení. Konstrukce stěny umožní jednoduchou montáž parozábrany v místech, kde by neměla být mechanicky porušena (v posouzení nebyla započtena perforace parozábrany).	$M_c = 0,000$ $M_{c,N} = 0,100$ vyhovuje	Název vrstvy	d [m]	μ [-]
		Ekopanel	0,058	13,1
		Uzavřená vzduch. dutina	0,050	0,2
		Jutafol N 140 Special	0,0003	148275,0
		Ekopanel	0,058	13,1
		Canabest	0,160	1,9
		Ekopanel	0,058	13,1
		Dřevovláknité desky	0,022	5,0
Skladba stěny s I dřevěným nosníkem [5], foukanou tepelnou izolací, vnějším obkladem z dřevovláknité desky (Obr. 5). Ideální volba pro dosažení parametrů pasivní výstavby. Cenově výhodné a jednoduché ekologické řešení.	$M_c = 0,0234$ $M_{c,N} = 0,100$ vyhovuje	Název vrstvy	d [m]	μ [-]
		Ekopanel	0,058	13,1
		Uzavřená vzduch. dutina	0,050	0,2
		Ekopanel	0,058	13,1
		Climatizer Plus 1	0,350	1,1
		Hofatex SysTem IA	0,040	5,0
Skladba stěny s I dřevěným nosníkem [5], foukanou tepelnou izolací, parozábranou a vnějším obkladem z Ekopanelu (Obr. 5). Vhodné řešení pro pasivní výstavbu. Důležité z hlediska funkčnosti je kvalitní provedení parozábrany.	$M_c = 0,000^6$ ($M_c = 0,025^7$) $M_{c,N} = 0,100$ vyhovuje	Název vrstvy	d [m]	μ [-]
		Ekopanel	0,058	13,1
		Uzavřená vzduch. dutina	0,050	0,2
		Jutafol N 140 Special	0,0003	148275,0
		Ekopanel	0,058	13,1
		Climatizer Plus 1	0,350	1,1
		Ekopanel	0,058	13,1
Skladba stěny s I dřevěným nosníkem [5], foukanou tepelnou izolací (celulozosláma) a vnějším obkladem s dřevovláknem (Obr. 5). Výhodné ekologické řešení s tepelnou izolací kombinující slámu a celulózu ($\lambda = 0,036$ W/(m.K)). Navržená skladba vyhovuje požadavkům pasivní výstavby ($U = 0,09$ W/(m ² .K)).	$M_c = 0,0241$ $M_{c,N} = 0,100$ vyhovuje	Název vrstvy	d [m]	μ [-]
		Ekopanel	0,058	13,1
		Uzavřená vzduch. dutina	0,050	0,2
		Ekopanel	0,058	13,1
		Climatizer + sláma	0,350	1,1
		Hofatex SysTem IA	0,040	5,0

⁶ Množství kondenzátu M_c bez započtení perforace parozábrany.

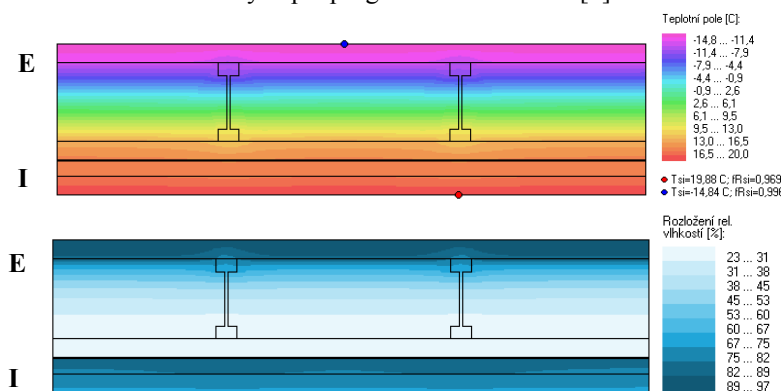
⁷ Množství kondenzátu M_c se započtením perforace parozábrany.



Obr. 5 : Schéma dvou variant skladby obvodové stěny s dřevěným I nosníkem [5] a foukanou tepelnou izolací Climatizer (celulozosláma). Na obrázku vlevo varianta s parozábranou a vnějším obkladem z Ekopanelu. Vpravo varianta bez parozábrany a vnějším obkladem z dřevovláknité desky.



Obr. 6: Dvourozměrné pole rozložení teplot a relativní vlhkosti výseku obvodové stěny s dřevěným nosníkem [5] a vnějším obkladem z dřevovláknité desky (Obr. 5).
Výstup z programu AREA 2010 [1].



Obr. 7: Dvourozměrné pole rozložení teplot a relativní vlhkosti výseku obvodové stěny s dřevěným nosníkem [5], vnějším obkladem z Ekopanelu a parozábranou (Obr. 5).
Výstup z programu AREA 2010 [1].

3 ZÁVĚR

Využití přírodních stavebních materiálů ve stavebnictví nabývá na významu a zvyšuje se i poptávka po ekologickém stavitelství. Přírodní stavební materiály mohou být plnohodnotnou alternativou k průmyslově vyráběným stavebním materiálům. Jejich trvanlivost a odolnost proti působení vnějších vlivů však nemusí být s umělými materiály srovnatelná. Největším nebezpečím z hlediska dlouhodobé a bezporuchové funkce přírodních materiálů je působení vlhkosti. Abychom vyloučili nepříznivé působení vlhkosti na konstrukci, je bezpodmínečně nutné v rámci návrhu provést podrobné tepelné technické posouzení všech obalových konstrukcí a kritických detailů. Tuto podmínku je nutno dodržet zejména v konstrukcích využívajících prvky ze slámy.

Typická skladba obvodové stěny z EKOPANELŮ (Obr. 1) nevyhovuje z hlediska kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce. Další nevýhodou typické skladby stěny z těchto panelů, je nedostatečná tepelná izolace v případě použití pro pasivní výstavbu. V Tab. 2 jsou uvedeny úpravy ve skladbách a jejich zhodnocení z hlediska kondenzace vodní páry a vhodnosti použití. Z hlediska vyloučení kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce, zachování difúzně otevřené skladby a použitelnosti v pasivní výstavbě se jeví ideální skladba s prolamovaným dřevěným nosníkem (Obr. 5). Prolamovaný dřevěný nosník [5] tvoří v konstrukci stěny svislý nosný prvek s variabilní šířkou. To umožní vložit do konstrukce tepelnou izolaci v tloušťce od 250 – 450 mm. Takto zaizolovaná stěna vyhoví i nejpřísnějším požadavkům na součinitel prostupu tepla. Další výhodou skladby je variabilita výběru tepelných izolantů použitelných ve skladbě. Prolamovaný nosník byl primárně navržen pro foukané tepelné izolace (celulóza). Konstrukce je však vhodná i pro vláknité izolace zejména z přírodních vláken. Velmi moderním řešením je využití foukané izolace z celulózy s příměsí drcené slámy. Tímto komplexním řešením dostáváme ekologický obvodový plášť na bázi přírodních materiálů s minimální energetickou stopou z výrobního procesu.

LITERATURA

- [1] SOLAŘ, J. *Tepelné technické posouzení vnitřních stěnových dutin v rámci návrhu sanace vlhkého zdiva*. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Číslo 1, rok 2012, ročník XII, řada stavební, článek č. 17. ISSN 1213 –1962.
- [2] ORAVEC, P., HAMALA, M., ŘÍHA, R. *Problematika prokreslování hmoždinek na vnější povrch ETICS*. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Číslo 1, rok 2012, ročník XII, řada stavební, článek č. 15. ISSN 1213 –1962.
- [3] KUPSA, T. *Tepelné technické posuzování dřevěných prvků v konstrukcích*. DEKTIME 2007. DEK a.s.. Číslo 4/2007. ISSN 1802-4009.
- [4] MINKE, G., FRIEDEMANN, M., *Stavby ze slámy*. Hel. 2009/05. 144 stran. ISBN 3-936896- 1-1.
- [5] LABUDEK, J., AGEL, P. *Víceúčelový dřevěný nosný prvek pro stavby zateplené foukanou izolací*. Užité vzor zapsaný na Úřadu průmyslového vlastnictví pod číslem 22209, dne 16.05.2011.
- [6] LAVRENCE, M., HEALTH, A., WALKER, P. Determining moisture levels in straw bale construction. *Construction and building materials*, vol. 23, issue 8, pp 2763 – 2768, Aug 2009, DOI 10.1016/j.conbuildmat.2009.03.011
- [7] SOLAŘ, J. *Pozemní stavitelství IV*. E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů. Číslo projektu: CZ.04.01.3/3.2.15.2/0326.
- [8] ASHOUR, T., GEORG, H., WU, W. Performance of straw bale wall: A case of study, *Energy and Buildings*, Volume 43, Issue 8, August 2011, Pages 1960–1967. ISSN: 0378-7788, DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.04.001.

Oponentní posudek vypracoval:

Ing. Róbert Rudišin, PhD., Katedra fyziky budov, Fakulta stavební, TU v Košiciach.

Doc. Ing. Pavol Ďurica, CSc., Katedra pozemného stavitel'stva a urb., Stavebná fakulta, ŽU v Žiline.